

УДК 582.711.16:581.19(571.1)

СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ НЕКОТОРЫХ ОЧИТКОВЫХ (*SEDOIDEAE*)

© *Т.И. Фомина**, *Т.А. Кукушкина*

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская, 101, Новосибирск, 630090 (Россия), e-mail: fomina-ti@yandex.ru

Представлены результаты сравнительного изучения содержания биологически активных веществ у 8 видов подсемейства *Sedoideae*: *Aizopsis aizoon* (L.) Grulich, *A. hybrida* (L.) Grulich, *A. kurilensis* (Vorosch.) S. Gontch., *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba, *Sedum album* L., *S. hispanicum* L., *S. rupestre* L. и *S. spurium* M. Bieb. Исследовали надземные побеги, собранные в фазу массового цветения. Содержание сухих веществ определяли высушиванием сырья при 100–105 °С. Количество фенольных соединений, пектиновых веществ, общих сахаров определяли спектрофотометрически на приборах СФ-56 (Россия) и Agilent 8453 UV-Vis (США); концентрацию аскорбиновой кислоты – титриметрическим методом. Установлено содержание сухих веществ (до 18.94%), флавонолов (до 4.45%), катехинов (до 3.72%), танинов (до 20.2%), пектиновых веществ (до 13.36%), сахаров (до 39.54%) на массу абсолютно сухого сырья; аскорбиновой кислоты – до 123.7 мг% на сырую массу. Наибольшей способностью к накоплению биологически активных веществ отличается *A. kurilensis*. Полученные данные указывают на перспективы очитков как потенциального сырья для получения пищевых и кормовых добавок.

Ключевые слова: *Sedoideae*, очитки, фенольные соединения, пектиновые вещества, сахара, аскорбиновая кислота.

Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту АААА-А21-121011290025-2 «Оценка морфогенетического потенциала популяций растений Северной Азии экспериментальными методами».

Введение

Представители подсемейства очитковых (*Sedoideae*), в том числе родов живучник – *Aizopsis* Grulich, очитник – *Hylotelephium* H. Ohba и очиток – *Sedum* L., нередко объединяемые под общим названием «очитки», издавна применяются в этномедицине и гомеопатии разных стран. Известны их кровоостанавливающие и ранозаживляющие свойства. Наиболее эффективен в этом отношении сок растений. Очитки являются биогенными стимуляторами, которые усиливают обменные процессы и регенерацию тканей, оказывают общетонизирующее и противовоспалительное действие [1]. Экстракты из их надземной части обладают высокой антиоксидантной и противомикробной активностью благодаря наличию комплекса флавоноидов (рутин, кемпферол, кверцетин, мирицетин, нарингенин и др.), дубильных веществ, органических кислот и арбутина [2–4].

В растениях очитков присутствуют сахара, среди которых доминирует седогептулоза, кумарины, терпены. У некоторых представителей обнаружены в листьях небольшие количества пирролидиновых и пиперидиновых алкалоидов [5, 6]. Изучение динамики содержания полифенолов и органических кислот у сибирских видов очитков при интродукции в Томске показало, что максимальное накопление этих веществ в надземной части наблюдается в период массового цветения – до 6.4 и 19% соответственно, на абсолютно

Фомина Татьяна Ивановна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории интродукции декоративных растений, e-mail: fomina-ti@yandex.ru

Кукушкина Татьяна Абдулхаировна – старший научный сотрудник лаборатории фитохимии, e-mail: kukushkina-phyto@yandex.ru

сырую массу. При этом наибольшим накоплением биологически активных веществ в различных органах растения отличается *A. hybrida* [7]. По данным исследования [8], у очитков в природных популяциях Казахстана содержание алкалоидов, аминокислот, полисахаридов, фенольных соединений

* Автор, с которым следует вести переписку.

выше в фазу бутонизации, тогда как концентрация танинов и сапонинов наибольшая в фазу покоя. Максимальное содержание гидролизующих дубильных веществ достигает у *A. hybrida* 14%, у *A. aizoon* и *H. ewersii* – 17 и 21% соответственно. Количество флавоноидов составляет от 1.2–1.4% у *A. hybrida* до 3.0–3.3% у *H. ewersii* и 3.9–4.3% у *A. aizoon* на абсолютно сухую массу. Анализ микроэлементного состава обнаружил, что очитки являются накопителями Mn, необходимого для синтеза в растениях аскорбиновой кислоты, танинов и других вторичных метаболитов [1].

Литературные сведения по количественному содержанию групп биоактивных соединений у различных очитков немногочисленны. Кроме использования в качестве лекарственных средств они являются ценными медоносами и кормовыми растениями. Молодые побеги и листья некоторых видов используются в пищу [9, 10]. Очитки широко культивируются как декоративные многолетники из-за привлекательного облика и выносливости [11, 12].

Цель настоящего исследования – сравнительное изучение содержания биологически активных веществ у 8 видов подсемейства *Sedoideae*.

Экспериментальная часть

Исследования проводили в 2019 и 2021 гг. в коллекции декоративных растений природной флоры Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (Новосибирск). Объектами послужили 8 видов подсемейства *Sedoideae*: *Aizopsis aizoon* (L.) Grulich, *A. hybrida* (L.) Grulich, *A. kurilensis* (Vorosch.) S. Gontch., *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba, *Sedum album* L., *S. hispanicum* L., *S. rupestre* L. и *S. spurium* M. Bieb. (рис. 1). Фитохимическому анализу подвергали побеги с соцветиями, собранные в фазу массового цветения, которая у большинства очитков приходится на первую половину июля, у *H. ewersii* – на третью декаду августа.

Анализ свежесобранного сырья проводили с использованием общепринятых методик. Для определения содержания сухих веществ 1 г сырья (точная навеска) высушивали в сушильном шкафу при 100–105 °С до постоянной массы. Количество катехинов определяли спектрофотометрическим методом, основанном на их способности давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте ($\lambda=504$ нм). Концентрацию катехинов устанавливали по калибровочной кривой, построенной по (\pm)-катехину «Sigma» С-1788 (США) [13]. Определение суммарного содержания флавонолов основано на реакции комплексообразования с хлоридом алюминия ($\lambda=415$ нм). Концентрацию флавонолов определяли по калибровочному графику, построенному по рутину [14]. Содержание танинов выявляли спектрофотометрически с использованием 2%-ного водного раствора аммония молибденовокислого ($\lambda=420$ нм). Расчет дубильных веществ производили по ГСО танина [15].

Количество пектинов и протопектинов определяли бескарбазольным методом, основанным на получении специфического желто-оранжевого окрашивания уроновых кислот с тимолом в сернокислой среде ($\lambda=480$ нм). Использовали методику [16] с доработкой [17], предусматривающей замену карбазола на тимол. Предварительно из сырья удаляли сахара. Содержание пектиновых веществ определяли по калибровочной кривой, построенной по галактурановой кислоте. Концентрацию сахаров устанавливали по методу, основанному на восстановлении феррицианида калия редуцирующими сахарами в щелочной среде до ферроцианида. Последний в присутствии желатина образует с сернокислым железом устойчивую синюю окраску ($\lambda=690$ нм). Количество сахаров определяли по калибровочному графику, построенному по глюкозе.

Содержание аскорбиновой кислоты определяли титриметрическим методом, используя реакцию Тильманса. Рассчитывали концентрацию по формуле

$$X=100 \cdot a \cdot T \cdot V / V_1 \cdot n,$$

где a – объем краски Тильманса для титрования экстракта (с вычетом поправки на титрование чистого растворителя), см³; T – титр краски по аскорбиновой кислоте; V – общий объем вытяжки, см³; V_1 – объем экстракта, взятого для титрования, см³; n – масса навески, г [16]. Все биохимические показатели определены в трехкратной повторности и, за исключением аскорбиновой кислоты, рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья.

Летние месяцы в Новосибирске в годы исследования незначительно различались по температурным показателям, в пределах 0.2–0.5 °С (табл. 1). При этом погода в июне была немного прохладнее, а в июле теплее климатических показателей. Август обоих лет выдался очень теплым: при норме 15.8 °С среднемесячная температура составила 18.3 и 18.0 °С соответственно. По условиям увлажнения сезоны были совершенно разными. В июне и августе 2021 г. выпало втрое больше осадков, чем в эти месяцы 2019 г. Июль выдался засушливым – 25 мм осадков против 98 мм в 2019 г. (табл. 1).

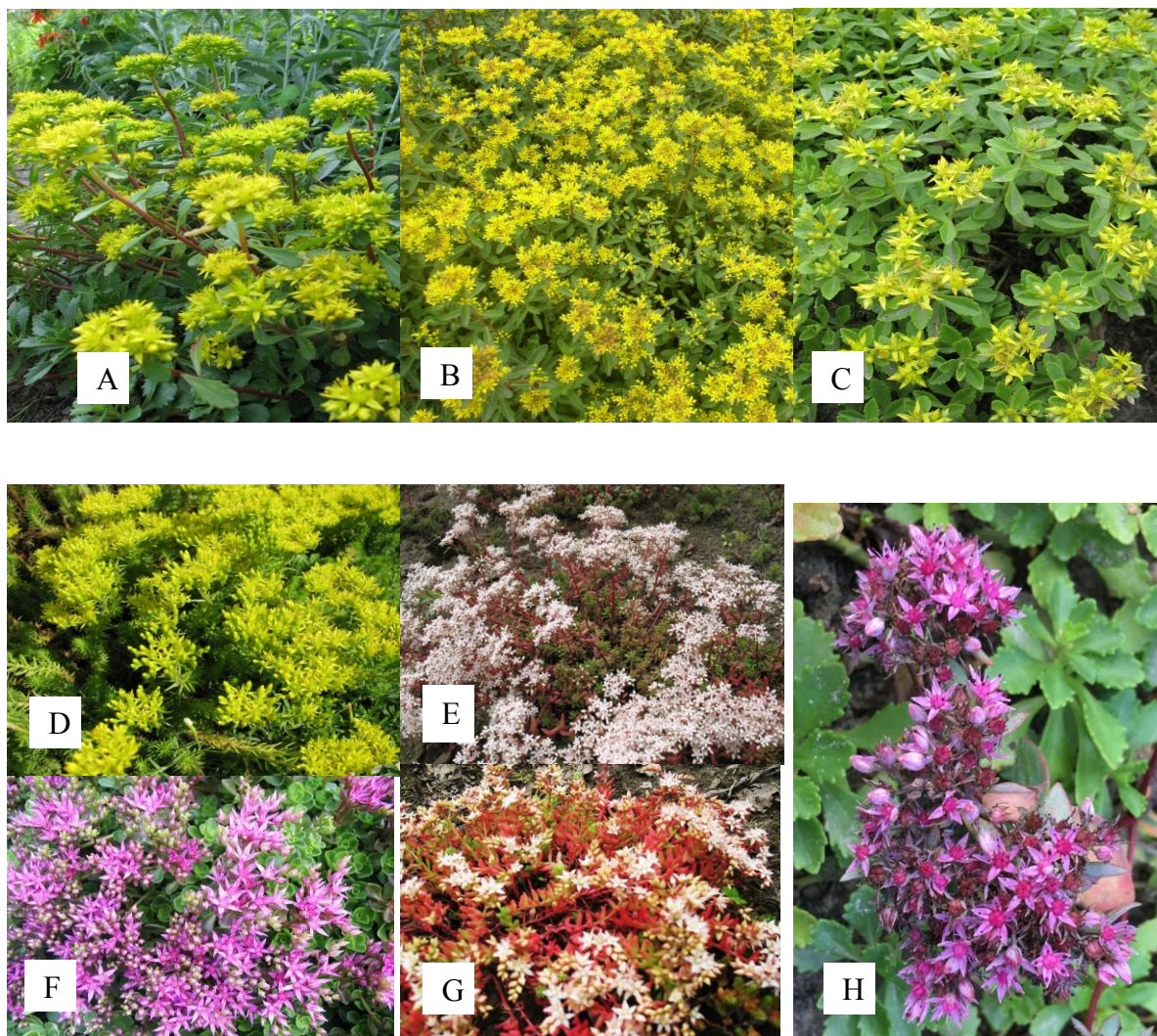


Рис. 1. Виды очитков в коллекции ЦСБС СО РАН: А – *Aizopsis hybrida*, В – *A. aizoon*, С – *A. kurilensis*, D – *S. rupestre*, E – *S. album*, F – *S. spurium*, G – *S. hispanicum*, H – *Hylotelephium ewersii*

Таблица 1. Погодные условия летнего периода в Новосибирске в годы исследования

Год	Июнь			Июль			Август		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2019	<u>15.5</u>	<u>16.7</u>	<u>16.9</u>	<u>19.8</u>	<u>19.6</u>	<u>18.2</u>	<u>21.0</u>	<u>17.8</u>	<u>16.4</u>
	6.6	16.0	3.4	32.0	64.0	2.0	1.6	9.0	11.0
2021	<u>16.6</u>	<u>17.3</u>	<u>14.6</u>	<u>20.4</u>	<u>18.8</u>	<u>20.0</u>	<u>19.7</u>	<u>16.8</u>	<u>17.6</u>
	22.0	2.3	49.0	18.0	4.1	0.3	25.0	37.0	5.4

Примечание. Верхняя строка – среднесуточная температура воздуха, °С; нижняя – осадки, мм.

Обсуждение результатов

Получены данные по количественному содержанию фенольных соединений (катехинов, флавонолов, танинов), аскорбиновой кислоты, сухих веществ, пектинов и протопектинов, общих сахаров в надземных органах очитков, культивируемых в условиях Новосибирска (табл. 2).

Биологическую активность препаратов из очитков связывают, прежде всего, с наличием комплекса флавоноидов [3, 18]. Защита растения от неблагоприятных факторов внешней среды, в организме человека эти соединения выполняют аналогичные функции, через различные механизмы регулируя клеточный метаболизм. Антиоксидантное действие флавоноидов определяется способностью связывать свободные радикалы и хелатировать катионы металлов, участвующих в процессах окисления. Также они активируют природные механизмы клеточной защиты от повреждающих факторов путем усиления экспрессии антиоксидантных ферментов [19, 20].

Содержание катехинов у очитков колеблется в диапазоне от 0.17 до 3.72% при наименьших значениях у *S. album* и *S. hispanicum*, наибольших – у *A. kurilensis* и *A. aizoon*. Концентрация флавонолов в фазу цветения варьирует на межвидовом уровне от 0.84 до 4.55% на абсолютно сухую массу. Характерно, что для видов с минимальным содержанием катехинов получены максимальные значения по содержанию флавонолов, и наоборот. Суммарное количество флавоноидов у исследованных видов высокое, составляя 3–6% (в порядке убывания выше у *S. album*, *A. kurilensis* и *H. ewersii*).

К числу вторичных метаболитов фенольной природы принадлежат также танины. По нашим данным, их содержание в побегах очитков колеблется от 7.63 до 20.02%. Пониженным накоплением танинов в период цветения характеризуются *H. ewersii*, *S. rupestre* и *S. hispanicum*, а повышенным – *S. spurium* и *A. kurilensis*. Полученные значения по содержанию флавоноидов и танинов для *A. aizoon*, *A. hybrida* и *H. ewersii* полностью согласуются с данными для этих видов из естественных местообитаний Казахстана [8]. Согласно источнику [1], в фазу цветения *A. aizoon* содержит 1.21% дубильных веществ в надземной части, а *A. hybrida* – 1.40%, что гораздо ниже наших данных.

Таблица 2. Содержание биологически активных веществ в надземной части очитков в фазу цветения (Новосибирск)

Вид	Влажность, %	Аскорбиновая кислота, мг%	Флавонолы, %	Танины, %	Катехины, мг%	Пектины, %	Протопектины, %
<i>Aizopsis aizoon</i>	88.38±0.96	79.0±0.8	1.03±0.01	15.06±0.29	2.39±0.03	0.58±0.02	6.76±0.13
08.07.19 / 05.07.21	89.35±2.24	54.2±1.4	0.84±0.02	12.33±0.38	2.62±0.01	1.63±0.06	10.12±0.45
Коэффициент вариации (V), %	1.1	31.4	15.0	18.1	8.8	64.4	33.2
<i>A. hybrida</i>	86.69±0.84	94.7±0.8	1.95±0.02	12.62±0.22	1.15±0.02	2.21±0.02	6.62±0.28
03.07.19 / 05.07.21	87.68±2.30	67.0±1.6	2.09±0.56	11.91±0.27	1.45±0.01	1.11±0.06	8.65±0.33
Коэффициент вариации (V), %	1.1	29.3	6.7	5.6	20.7	49.8	23.5
<i>A. kurilense</i>	83.94±0.89	123.7±1.6	1.31±0.01	14.94±0.33	2.51±0.02	0.25±0.01	6.14±0.03
08.07.19 / 05.07.21	82.56±0.39	102.0±2.7	1.79±0.60	18.13±0.65	3.72±0.01	1.08±0.04	12.28±0.19
Коэффициент вариации (V), %	1.6	17.5	26.8	17.6	32.5	76.9	50.0
<i>Hylotelephium ewersii</i>	87.41±0.92	75.8±0.9	2.46±0.03	9.13±0.19	1.38±0.04	1.14±0.01	6.97±0.23
26.08.19 / 23.08.21	90.68±2.18	93.1±2.4	3.43±0.91	8.91±0.32	1.76±0.01	1.74±0.02	9.11±0.16
Коэффициент вариации (V), %	3.6	18.6	28.3	2.4	21.6	34.5	24.0
<i>Sedum album</i>	87.26±0.91	69.0±0.8	4.55±0.03	9.34±0.17	0.17±0.01	0.29±0.01	4.24±0.02
08.07.19 / 14.07.21	83.52±2.27	87.6±1.9	4.42±0.12	14.96±0.03	1.66±0.03	2.07±0.04	6.42±0.17
Коэффициент вариации (V), %	4.3	11.2	2.9	37.6	90.8	86.0	34.0
<i>S. hispanicum</i>	92.11±0.82	16.3±0.4	3.68±0.04	10.27±0.20	0.82±0.01	1.02±0.02	7.48±0.14
03.07.19 / 05.07.21	90.32±2.22	26.5±0.8	3.02±0.87	7.63±0.15	1.00±0.02	2.04±0.06	8.38±0.39
Коэффициент вариации (V), %	1.9	38.5	17.9	25.7	18.0	50.0	10.7
<i>S. rupestre</i> * 03.07.19	86.59±0.90	93.7±0.8	1.57±0.01	8.05±0.11	1.77±0.02	0.40±0.01	5.62±0.25
<i>S. spurium</i>	81.06±0.87	72.9±0.9	2.24±0.03	20.02±0.43	1.87±0.03	0.71±0.02	5.69±0.02
15.07.19 / 14.07.21	89.50±2.14	82.6±2.0	2.19±0.41	18.19±0.71	1.81±0.01	1.14±0.03	6.43±0.02
Коэффициент вариации (V), %	9.4	11.7	31.4	9.1	3.2	37.7	11.5

Примечание. Значения для аскорбиновой кислоты приведены на сырую массу сырья, для остальных групп веществ – на абсолютно сухую массу. * В 2021 г. растения не цвели.

Индивидуальная изменчивость количества фенольных соединений варьирует у очитков от низкой до очень высокой и имеет разнонаправленный характер. Накопление катехинов происходило интенсивнее в 2021 г. при резком дефиците влаги в июле, но у *H. ewersii*, напротив, в условиях повышенного увлажнения в августе. Высокое содержание фенольных веществ способствует экологической пластичности видов в различных условиях произрастания [21]. Возможно, поэтому наибольшим уровнем их синтеза отличаются не сибирские, а инорайонные виды *S. spurium* и *A. kurilensis* при адаптации к условиям лесостепи Западной Сибири.

В значительной степени фенольным комплексом обусловлена эффективность препаратов из очитков в качестве антимикробных, противовоспалительных, кровоостанавливающих, желчегонных, диуретических, гипотензивных, тонизирующих, вяжущих и слабительных средств. Антиоксидантную активность экстрактов из надземной части очитков связывают также с высоким содержанием витамина С. В растениях аскорбиновая кислота играет важную роль в формировании устойчивости к экологическим стрессам – избытку света, водному дисбалансу или инфекции патогенов. Известно, что уровень ее синтеза регулируется процессами развития и зависит от погодных условий сезона [22].

У очитков отмечено два пика концентрации витамина С в водозапасающих тканях, один из которых приходится на фазу цветения, достигая 58–72 мг% на сырую массу [23]. Исследованные виды содержат, как правило, более 50 мг% аскорбиновой кислоты, *A. kurilensis* – до 125 мг%. По этому показателю побеги очитков сопоставимы с зеленой массой луков в фазу цветения [24]. Исключение составляет *S. hispanicum*, содержащий в 3–5 раз меньше витамина С, чем другие виды. Значения показателя колеблются по годам на среднем и высоком уровне.

Питательная ценность очитков обусловлена также содержанием сухих веществ, сахаров, пектинов и протопектинов. Количество сухих веществ варьирует от 7.89 до 18.94%, составляя в среднем 12–13%. Эти значения невелики, что связано с высокой оводненностью тканей у суккулентов. Низкая индивидуальная изменчивость содержания сухих веществ свидетельствует в пользу видоспецифичности признака.

Наземные побеги очитков богаты сахарами (рис. 2). Ранее исследован их качественный состав, выявлена динамика в годичном цикле видов. Известно, что в водозапасающих тканях очитков присутствуют глюкоза, ксилоза, фруктоза, сахароза и раффиноза, а также характерный для толстянковых сахар – седогептулоза [1, 25]. У исследованных видов содержание общих сахаров в фазу цветения варьирует от 10.15 до 39.54% с наибольшими показателями для *S. hispanicum*, *S. rupestre* и *S. spurium*. Сравнение данных разных лет показало, что дефицит влаги (как это было в июле 2021 г.) замедляет синтез сахаров. У поздноцветущего *H. ewersii* меньшее количество сахаров отмечено в засушливом августе 2019 г.

Пектиновые вещества в растениях выполняют функцию структурных компонентов, влияют на формирование засухо- и холодоустойчивости. Благодаря способности связывать вредные продукты метаболизма в отношении организма человека они проявляют выраженные иммуномодулирующие, гипогликемические, антиканцерогенные свойства, при этом нетоксичны [26]. Поэтому в последнее десятилетие различные таксоны активно исследуются как потенциальные источники пектиновых веществ для получения натуральных биодобавок. Установлено, что суммарное содержание этих веществ в наземной части очитков варьирует в диапазоне 4.53–13.36%, при этом большая часть присутствует в клеточных стенках в форме нерастворимых протопектинов. У всех исследованных видов пектиновых веществ накапливалось больше в условиях сухого сезона 2021 г.

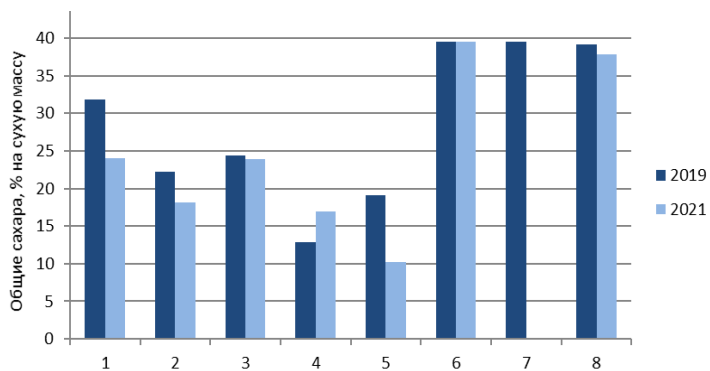


Рис. 2. Содержание общих сахаров в надземных органах очитков в фазу цветения: 1 – *Aizopsis aizoon*, 2 – *A. hybrida*, 3 – *A. kurilensis*, 4 – *Hylotelephium ewersii*, 5 – *Sedum album*, 6 – *S. hispanicum*, 7 – *S. rupestre*, 8 – *S. spurium*

Заключение

Фитохимическое исследование надземных побегов у 8 видов очитков в фазу цветения показало высокое содержание фенольных соединений, пектиновых веществ, сахаров, аскорбиновой кислоты. Количественное содержание вторичных метаболитов характеризуется, как правило, средней и высокой индивидуальной изменчивостью. Наибольшим уровнем накопления различных групп биологически активных веществ среди исследованных видов отличается *A. kurilensis*. Полученные результаты показывают, что очитки являются ценными источниками сырья для получения натуральных биодобавок широкого спектра действия и перспективны для дальнейшего изучения.

При подготовке статьи использовались материалы Биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН, УНУ – Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте.

Список литературы

1. Краснов Е.А., Саратиков А.С., Сувор Ю.П. Растения семейства толстянковых. Томск, 1979. 208 с.

2. Gendaram O., Choi Y.H., Kim Y.S., Ryu S.Y. Anti-oxidative and antibacterial constituents from *Sedum hybridum* // *Naturae Product Science*. 2011. Vol. 17. N4. Pp. 279–284.
3. Dzjuba O.I., Gatsenko M.V. Ecological and physiological as well as biochemical properties of representatives of the genus *Sedum* L. // *Ecology and Noospherology*. 2014. Vol. 25. N3–4. Pp. 24–33. DOI: 10.15421/031417.
4. Xu T., Wang Z., Lei T., Lv C., Wang J., Lu J. New flavonoid glycosides from *Sedum aizoon* L. // *Fitoterapia*. 2015. Vol. 101. Pp. 125–132. DOI: 10.1016/j.fitote.2014.12.014.
5. Kim J.H., 'T Hart H., Stevens J.F. Alkaloids of some Asian *Sedum* species // *Phytochemistry*. 1996. Vol. 41. N5. Pp. 1319–1324. DOI: 10.1016/0031-9422(95)00562-5.
6. Gerelt-Od Ya., Solongo A., Javzan S., Philipov S., Selenge D. Alkaloids from *Sedum telephium* L. // *Mongolian J. of Chemistry*. 2015. Vol. 16. N42. Pp. 44–47.
7. Ревина Т.А. Биологические особенности и химический состав сибирских видов *Sedum* L., выращиваемых в окрестностях Томска // *Интродукция растений Сибири и Дальнего Востока*. Новосибирск, 1983. С. 105–109.
8. Корулькин Д.Ю., Курбатова Н.В., Музычкина Р.А. Некоторые морфолого-диагностические признаки и фитохимические особенности растений из рода *Sedum* L. // *Вестник КазНУ. Серия биологическая*. 2016. №3(68). С. 62–71.
9. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Caprifoliaceae–Plantaginaceae. Л., 1990. 328 с.
10. Jin C., Wei X., Yang S., Gao L., Gong G. Microwave-assisted extraction and antioxidant activity of flavonoids from *Sedum aizoon* leaves // *Food Science and Technology Research*. 2017. Vol. 23. N1. Pp. 111–118. DOI: 10.3136/fstr.23.111.
11. Коновалова Т.Ю., Шевырева Н.А. Очитки и другие толстянковые. М., 2006. 95 с.
12. Гончарова С., Колдаева М., Белуха А. Дальневосточные толстянковые в культуре // *Цветоводство*. 2011. №5. С. 20–24.
13. Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных средств // *Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: матер. VII Международ. съезда*. СПб., 2003. С. 64–69.
14. Беликов В.В., Шрайбер М.С. Методы анализа флавоноидных соединений // *Фармация*. 1970. №1. С. 66–72.
15. Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitch.), произрастающего на Алтае // *Химия растительного сырья*. 2005. №2. С. 45–50.
16. Методы биохимического исследования растений / ред. А.И. Ермаков. Л., 1987. 420 с.
17. Кривенцов В.И. Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ // *Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада*. 1989. Т. 109. С. 128–137.
18. Ertas A., Voğa M., Yılmaz M.A., Yeşil Ye., Haşimi N., Kaya M.Ş., Temel H., Kolak U. Chemical compositions by using LC-MS/MS and GC-MS and biological activities of *Sedum sediforme* (Jacq.) Pau // *J. of Agricultural and Food Chemistry*. 2014. Vol. 62. N20. Pp. 4601–4609. DOI: 10.1021/jf500067q.
19. Тараховский Ю.С., Ким Ю.А., Абдрасилов Б.С., Музафаров Е.Н. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пушино, 2013. 310 с.
20. Mo E.K., Kim S.M., Yang S.A., Oh C.J., Sung C.K. Assessment of antioxidant capacity of *Sedum* (*Sedum sarmentosum*) as a valuable natural antioxidant source // *Food Science and Biotechnology*. 2011. Vol. 20. 1061. DOI: 10.1007/s10068-011-0144-0.
21. Phenolic compounds: fundamental and applied aspects / ed. N.V. Zagoskina, E.B. Burlakova. Moscow, 2010. 400 p.
22. Li M., Chen X., Wang P., Ma F. Ascorbic acid accumulation and expression of genes involved in its biosynthesis and recycling in developing apple fruit // *J. of the American Society for Horticultural Science*. 2011. Vol. 136. Pp. 231–238.
23. Губанова Т.Б. Особенности накопления некоторых биологически активных веществ у стеблевых и листовых суккулентов с контрастной степенью морозостойкости // *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2015. Вып. 115. С. 61–66.
24. Кукушкина Т.А., Фомина Т.И. Содержание биологически активных веществ в зеленой массе многолетних луков (*Allium* L.) // *Аграрный вестник Урала*. 2021. №04(207). С. 85–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-85-92.
25. Губанова Т.В. Особенности углеводного обмена видов рода *Sedum* L. в связи с низкотемпературной устойчивостью // *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2008. Вып. 96. С. 68–71.
26. Minzanova S.T., Mironov V.F., Arkhipova D.M., Khabibulina A.V., Mironova L.G., Zakirova Yu.M., Milyakov V.A. Biological activity and pharmacological application of pectic polysaccharides: A review // *Polymers*. 2018. Vol. 10. 1407. DOI: 10.3390/polym10121407.

Поступила в редакцию 19 апреля 2022 г.

После переработки 6 июля 2022 г.

Принята к публикации 7 июля 2022 г.

Для цитирования: Фомина Т.И., Кукушкина Т.А. Содержание биологически активных веществ в надземной части некоторых очитковых (*Sedoideae*) // *Химия растительного сырья*. 2022. №4. С. 189–195. DOI: 10.14258/jcrpm.20220411300.

Fomina T.I.*, Kukushkina T.A. CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN THE ABOVEGROUND PART OF SOME STONECROPS (*SEDOIDEAE*)

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, ul. Zolotodolinskaya, 101, Novosibirsk, 630090 (Russia),
e-mail: fomina-ti@yandex.ru

The results of a comparative study of the content of biologically active substances in 8 species of the *Sedoideae* subfamily *Aizopsis aizoon* (L.) Grulich, *A. hybrida* (L.) Grulich, *A. kurilensis* (Vorosch.) S. Gontch., *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba, *Sedum album* L., *S. hispanicum* L., *S. rupestre* L., *S. spurium* M. Bieb. are presented: The aboveground shoots collected during the mass flowering phase were analyzed. The dry matter content was determined by drying of raw materials at 100–105 °C. The amount of phenolic compounds, pectin substances, and total sugars was determined spectrophotometrically using SF-56 (Russia) and Agilent 8453 UV-Vis (USA) devices; the concentration of ascorbic acid was determined by titrimetric method. It was established the content of dry substances (up to 18.94%), flavonols (up to 4.45%), catechins (up to 3.72%), tannins (up to 20.2%), pectins (up to 13.36%), and sugars (up to 39.54%) per mass of absolutely dry raw materials, and ascorbic acid – up to 123.7 mg% per raw mass. *A. kurilensis* has the greatest capacity to accumulate bioactive substances. The data point to the prospects of stonecrops as a potential source for the production of food and feed additives.

Keywords: *Sedoideae*, stonecrops, phenolic compounds, pectin substances, sugars, ascorbic acid.

References

1. Krasnov Ye.A., Saratikov A.S., Surov Yu.P. *Rasteniya semeystva tolstyankovykh*. [Plants of the Crassulaceae family]. Tomsk, 1979, 208 p. (in Russ.).
2. Gendaram O., Choi Y.H., Kim Y.S., Ryu S.Y. *Naturae Product Science*, 2011, vol. 17, no. 4, pp. 279–284.
3. Dzijuba O.I., Gatsenko M.V. *Ecology and Noospherology*, 2014, vol. 25, no. 3–4, pp. 24–33. DOI: 10.15421/031417.
4. Xu T., Wang Z., Lei T., Lv C., Wang J., Lu J. *Fitoterapia*, 2015, vol. 101, pp. 125–132. DOI: 10.1016/j.fitote.2014.12.014.
5. Kim J.H., 'T Hart H., Stevens J.F. *Phytochemistry*, 1996, vol. 41, no. 5, pp. 1319–1324. DOI: 10.1016/0031-9422(95)00562-5.
6. Gerelt-Od Ya., Solongo A., Javzan S., Philipov S., Selenge D. *Mongolian J. of Chemistry*, 2015, vol. 16, no. 42, pp. 44–47.
7. Revina T.A. *Introduktsiya rasteniy Sibiri i Dal'nego Vostoka*. [Introduction of plants in Siberia and the Far East]. Novosibirsk, 1983, pp. 105–109. (in Russ.).
8. Korul'kin D.Yu., Kurbatova N.V., Muzychikina R.A. *Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaya*, 2016, no. 3(68), pp. 62–71. (in Russ.).
9. *Rastitel'nyye resursy SSSR: Tsvetkovyye rasteniya, ikh khimicheskii sostav, ispol'zovaniye; Semeystva Caprifoliaceae-Plantaginaceae*. [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Families Caprifoliaceae-Plantaginaceae]. Leningrad, 1990, 328 p. (in Russ.).
10. Jin C., Wei X., Yang S., Gao L., Gong G. *Food Science and Technology Research*, 2017, vol. 23, no. 1, pp. 111–118. DOI: 10.3136/fstr.23.111.
11. Konovalova T.Yu., Shevyreva N.A. *Ochitki i drugie tolstyankovyye*. [Stonecrops and other Crassulaceae]. Moscow, 2006, 95 p. (in Russ.).
12. Goncharova S., Koldayeva M., Belukha A. *Tsvetovodstvo*, 2011, no. 5, pp. 20–24. (in Russ.).
13. Kukushkina T.A., Zykov A.A., Obukhova L.A. *Aktual'nyye problemy sozdaniya novykh lekarstvennykh preparatov prirodnoy proiskhozhdeniya: Mater. VII Mezhdunar.s"yezda*. [Actual problems of creating new drugs of natural origin: Proceedings of the VII International Congress]. St. Petersburg, 2003, pp. 64–69. (in Russ.).
14. Belikov V.V., Shrayber M.S. *Farmatsiya*, 1970, no. 1, pp. 66–72. (in Russ.).
15. Fedoseyeva L.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2005, no. 2, pp. 45–50. (in Russ.).
16. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy* [Methods of biochemical research of plants], ed. A.I. Yermakov. Leningrad, 1987, 420 p. (in Russ.).
17. Kriventsov V.I. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, 1989, vol. 109, pp. 128–137. (in Russ.).
18. Ertas A., Boğa M., Yilmaz M.A., Yeşil Ye., Haşimi N., Kaya M.Ş., Temel H., Kolak U. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 2014, vol. 62, no. 20, pp. 4601–4609. DOI: 10.1021/jf500067q.
19. Tarakhovskiy Yu.S., Kim Yu.A., Abdrasilov B.S., Muzafarov E.N. *Flavonoidy: biokhimiya, biofizika, meditsina*. [Flavonoids: biochemistry, biophysics, medicine]. Pushchino, 2013, 310 p. (in Russ.).
20. Mo E.K., Kim S.M., Yang S.A., Oh C.J., Sung C.K. *Food Science and Biotechnology*, 2011, vol. 20, 1061. DOI: 10.1007/s10068-011-0144-0.
21. *Phenolic compounds: fundamental and applied aspects*, ed. N.V. Zagorskina, E.B. Burlakova. Moscow, 2010. 400 p.
22. Li M., Chen X., Wang P., Ma F. *J. of the American Society for Horticultural Science*, 2011, vol. 136, pp. 231–238.
23. Gubanova T.B. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, 2015, vol. 115, pp. 61–66. (in Russ.).
24. Kukushkina T.A., Fomina T.I. *Agrarnyy vestnik Urala*, 2021, no. 04(207), pp. 85–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-85-92. (in Russ.).
25. Gubanova T.V. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, 2008, vol. 96, pp. 68–71. (in Russ.).
26. Minzanova S.T., Mironov V.F., Arkhipova D.M., Khabibulina A.V., Mironova L.G., Zakirova Yu.M., Milyakov V.A. *Polymers*, 2018, vol. 10, 1407. DOI: 10.3390/polym10121407.

Received April 19, 2022

Revised July 6, 2022

Accepted July 7, 2022

For citing: Fomina T.I., Kukushkina T.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2022, no. 4, pp. 189–195. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20220411300.

* Corresponding author.

